

**ANALISA KARAKTERISTIK TEMPERATUR DAN  
KECEPATAN UDARA PADA RUANGAN UNTUK  
KENYAMANAN TERMAL DENGAN VARIASI KECEPATAN  
UDARA MENGGUNAKAN METODE *COMPUTATIONAL  
FLUID DYNAMIC* (CFD)**



Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Menyelesaikan Program Studi Strata I Pada  
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik

Oleh:

**UNGGUL ADI PAMUNGKAS**

**D200130088**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
2017**

## **HALAMAN PERSETUJUAN**

**“Analisa Karakteristik Temperatur dan Kecepatan Udara Pada Ruang Untuk kenyamanan Termal dengan Variasi Kecepatan Udara Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamic (CFD)”**

### **PUBLIKASI ILMIAH**

**Oleh :**

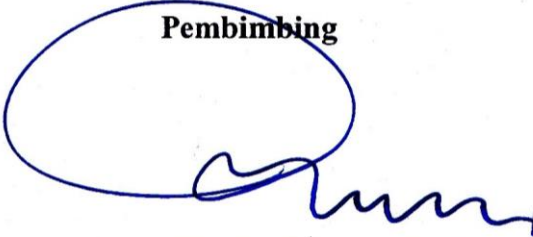
**UNGGUL ADI PAMUNGKAS**

**D200130088**

**Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh :**

**Dosen**

**Pembimbing**



**Marwan Effendy, ST. MT. Ph.D**

## HALAMAN PENGESAHAN

**“ANALISA KARAKTERISTIK TEMPERATUR DAN KECEPATAN  
UDARA PADA RUANGAN UNTUK KENYAMANAN TERMAL DENGAN  
VARIASI KECEPATAN UDARA MENGGUNAKAN METODE  
COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC (CFD)”**

OLEH :

UNGGUL ADI PAMUNGKAS

D 200 13 0088

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Pada hari *Senin, 9 Oktober* 2017

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji

**Marwan Effendy, ST. MT. Ph.D** ( ..... )

(Ketua Dewan Penguji)

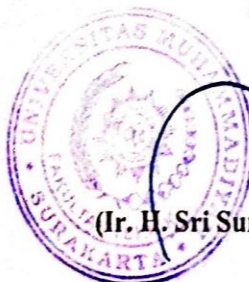
**Ir. H. Subroto, MT** ( ..... )

(Anggota 1 Dewan Penguji)

**Ir. Tri Tjahjono, MT** ( ..... )

(Anggota 2 Dewan Penguji)

Dekan



**(Ir. H. Sri Sunarjono, MT. Ph.D)**

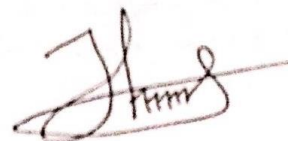
## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 17 Oktober 2017

Penulis



Unggul Adi Pamungkas

D 200 130 088

# **Analisa Karakteristik Temperatur dan Kecepatan Udara Pada Ruang Untuk kenyamanan Termal dengan Variasi Kecepatan Udara Menggunakan Metode *Computational Fluid Dynamic* (CFD)**

## **Abstraksi**

Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi, serta menganalisis pola distribusi temperatur dan kecepatan udara pada sebuah ruangan yang memiliki instalasi 2 unit AC split. Pendekatan simulasi *Computational Fluid Dynamic*(CFD) diterapkan pada penelitian ini dengan didahului pengukuran secara eksperimen pada kondisi sebenarnya untuk validasi data..

Dalam penelitian ini, ruangan berukuran 10,45 m x 8,1 m x 3,92 m yang terletak di Ruang H 404 Fakultas Teknik dijadikan sebagai obyek simulasi. Tiga variasi kecepatan udara yang diukur pada bagian depan evaporator, yaitu pada unit AC 1 2,467 m/s, 3,733 m/s dan 5 m/s, sedangkan unit AC 2 1,833 m/s, 2,733 m/s dan 3,2 m/s menjadi parameter yang diubah-ubah untuk diselidiki pengaruhnya terhadap distribusi temperatur dan kecepatan udara. Proses simulasi diawali dengan memvalidasi tiga tipe mesh yang berbeda 149328 *element*, 327440 *element*, 971209 *element* sebagai langkah standar yang harus dilalui pada penelitian berbasis simulasi / komputasi untuk menentukan konstruksi mesh yang mampu menghasilkan data simulasi dibanding data pengukuran. Asumsi dalam simulasi adalah ruangan kosong serta tidak ada pengaruh kalor dari luar ruangan. (jelaskan IC, BC, dst)

Berdasarkan validasi yang telah dilakukan, konstruksi mesh 971209 *element* mampu memberikan prediksi yang paling akurat dengan tingkat perbedaan dengan hasil pengukuran sebesar 4.53%. Simulasi terhadap tiga variasi kecepatan udara yang melintasi evaporator menunjukkan bahwa tidak berpengaruh terlalu signifikan terhadap suhu rata-rata didalam ruangan dimana didapatkan hasil sebesar 23,73°C, 23,28°C dan 23,77°C. Sedangkan rata-rata kecepatan udara didalam ruangan terjadi kenaikan pada tiap variasi yang didapatkan hasil 0,05 m/s, 0,08 m/s dan 0,11 m/s.

Kata kunci : ***Computational Fluid Dynamic*, Kenyamanan termal.**

## ***Abstract***

*This study aims to predict, as well as analyze the pattern of temperature distribution and air velocity in a room that has the installation of two split AC units. CFD simulation approach is applied in this study by preceded experimental measurements on actual conditions for data validation.*

*In this study, the room measuring 10.45 m x 8.1 m x 3.92 m located in Room H 404 Faculty of Engineering serve as a simulation object. Three*

*variations of air velocity measured at the front of the evaporator, ie at AC 1 unit 2,467 m / s, 3,733 m / s and 5 m / s, while AC unit 2 1,833 m / s, 2,733 m / s and 3,2 m / s becomes a parameter that is altered to investigate its effect on the distribution of temperature and air velocity. The simulation process begins with validating three different types of mesh 149328 element, 327440 element, 971209 element as the standard step that must be passed on simulation / computation based research to determine mesh construction that can produce simulation data than measurement data. The assumption in the simulation is empty space and there is no influence of heat from outside the room. (explain IC, BC, etc.)*

*Based on the validation done, the mesh construction 971209 element is able to provide the most accurate prediction with the difference level with the measurement result of 4.53%. The simulation of three variations of air velocity across the evaporator shows that it does not have a significant effect on the average temperature in the room where the results are 23.73 ° C, 23.28 ° C and 23.77 ° C. While the average air velocity in the room there is an increase in each variation obtained results of 0.05 m / s, 0.08 m / s and 0.11 m / s.*

**Keyword : Computational Fluid Dynamic, Thermal Comfort**

## **1. PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Dewasa ini, kegiatan manusia lebih banyak dihabiskan didalam ruangan, oleh sebab itu manusia membutuhkan sebuah kenyamanan didalam bangunan terkhusus dalam ruangan untuk melakukan aktivitas dengan baik, tenang dan nyaman. Pada umumnya orang-orang menghabiskan waktunya (lebih dari 90%) didalam ruangan, sehingga mereka membutuhkan udara yang nyaman dalam ruang tempat mereka beraktifitas, oleh Karena itu kecepatan udara yang baik dalam ruangan sangat bermanfaat bagi mereka (Lee dan Chang, 2012).

Untuk mencapai kenyamanan pada bangunan Indonesia yang beriklim tropis lembap dengan karakteristik curah hujan yang tinggi, kelembapan udara yang tinggi (dapat mencapai angka 90%), suhu udara relatif tinggi (dapat mencapai hingga 38°C), aliran udara sedikit, serta radiasi matahari yang menyengat dan mengganggu, dapat diatasi dengan cara mengatasi pengaruh negatif iklim dan memanfaatkan semaksimal mungkin pengaruh yang menguntungkan (Talaroshaa, 2005; Kurnia dkk., 2010; Takahashi, 2005; Lippsmeier, G., 1994).

Faktor-faktor kenyamanan menurut Lippsmeier (1980), dalam ruang tertutup adalah temperatur udara, kelembapan udara, temperatur radiasi rata-rata dari atap dan dinding, kecepatan gerak udara, tingkat pencayahaan dan distribusi cahaya pada dinding pandangan, selain itu terdapat beberapa standar yang menentukan kenyamanan termal.

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kenyamanan termal suatu ruangan dari pengaruh negative yang sudah dijelaskan sebelumnya ialah dengan penggunaan AC. Sebagai tindak lanjut dari penelitian terhadap obyek ruang kelas Gedung H Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, penulis tertarik untuk menganalisa aliran udara yang dihasilkan dari Air Conditiong Unit sehingga dapat memprediksi temperatur udara serta penyebarannya didalam ruangan tersebut.

Untuk mengetahui persebaran temperatur yang dihasilkan dari Air Conditioning Unit didalam ruang kelas penulis melakukannya penulis menggunakan metode *Computational Fluid Dynamic* (CFD). Dimana metode CFD itu sendiri adalah metode perhitungan aliran fluida dengan menggunakan pendekatan numerik. Metode ini dikembangkan Karena dalam perhitungan aliran fluida dibutuhkan perhitungan yang berulang-ulang sesuai dengan berubahnya variable pada system. Pada penulisan Tugas Akhir ini akan dilakukan simulasi distribusi temperatur dan kecepatan dengan bantuan paket perangkat lunak *Fluent 15*.

## **1.2 Perumusan Masalah**

- a. Bagaimana melakukan validasi data prediksi secara komputasi terhadap data eksperimen pada sistem pendinginan ruang kelas?
- b. Bagaimana menentukan kecepatan udara AC split terbaik menurut kenyamanan termal suatu ruangan memanfaatkan metode (CFD) ?
- c. Bagaimana mengetahui pola persebaran suhu dan arah vector kecepatan udara di ruang kelas dengan menggunakan metode (CFD) ?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

- a. Untuk mengetahui validasi data prediksi secara komputasi terhadap data eksperimen pada sistem pendinginan ruang kelas.
- b. Untuk mengetahui manakah kecepatan AC Split yang paling optimal dalam mendistribusikan aliran udara dingin secara optimal
- c. Untuk mengetahui pola persebaran suhu dan arah kecepatan udara di ruang kelas dengan menggunakan metode numerik.

### **1.4 Batasan Masalah**

- a. Obyek ruangan yang digunakan ialah ruang kelas Gedung H ruang kelas H 4.4 dengan ukuran geometrinya 10,45 m x 8,1 m x 3,93 m.
- b. Unit AC (Air Conditioning) yang digunakan ialah merk Daikin dengan daya 0.5 PK berjumlah 2 unit dengan mengatur suhu AC pada remot sebesar 20°C dan divariasikan kecepatan udara pada blower sebanyak 3 tingkatan dan swing ac dalam posisi dimatikan.
- c. Pengambilan data dilakukan pada siang hari pukul 14:00 dalam keadaan ruangan kosong.

### **1.5 Tinjauan Pustaka**

Penelitian mengenai aliran udara pada pendingin ruangan menggunakan metode CFD sudah banyak dilakukan, diantaranya Liu jing dkk (2013), melakukan simulasi 3 dimensi ruang kantor ber-AC pada musim panas menggunakan software phoenics. Tujuan dari penelitian tersebut untuk memberikan prediksi termal pada suatu ruangan secara numerik sehingga dapat memberikan referensi untuk parameter kelayakan suplai udara pada ruangan ber-AC. Hasil dari simulasi yang dilakukan menunjukkan persebaran temperatur dapat merata secara horizontal ruangan. Akan tetapi jika dilihat secara vertical terjadi perbedaan temperatur sebesar 0,85°C pada ketinggian 0,1 m sampai 1 m. Untuk kecepatan udara dalam ruangan dapat menyebar secara merata yang besarnya kurang dari 0,3 m/s.



Penelitian selanjutnya dilakukan oleh D. Prakash (2015), dimana dilakukan simulasi dengan menambahkan isolasi pada atap ruangan untuk mengurangi efek perpindahan panas yang dihasilkan dari radiasi matahari. Material yang digunakan untuk isolasi adalah *wood wool* atau serabut kayu, dipilihnya material ini Karena mempertimbangkan biaya serta mudah didapat. Pada penelitian ini menggunakan 4 variasi ruangan yang akan disimulasikan. Ruangan tanpa memakai *wood wool* (Ruangan A), penambahan lapisan *wood wool* antara beton atas dan genteng setebal 2cm (Ruangan B). penambahan lapisan *wood wool* antara beton atas dan genteng setebal 6cm (Ruangan C), serta penambahan lapisan *wood wool* antara beton atas dan genteng serta sisi luar dari tembok sebelah timur setebal 2cm (Ruangan D). penelitian ini dilakukan pada saat musim panas, serta dilakukan validasi data selama 24 jam. Hasil simulasi dari penelitian adalah untuk Ruangan D memiliki nilai *Predicted Mean Vote* (PMV) di bawah -3.05 dengan temperatur suplai udara sebesar 293 K. Dan untuk kasus yang sama ruangan A memiliki rata-rata nilai PMV -2.9. dari hasil nilai PMV dapat disimpulkan bahwa kondisi tersebut sangat dingin dan juga tidak nyaman.

Igor bonefacic dkk (2015) juga melakukan simulasi numerik untuk menganalisa temperatur dan kecepatan udara pada perbedaan sudut aliran udara pada air conditioning saat terpapar radiasi panas matahari dan tanpa radiasi matahari. Pada penelitian ini diasumsikan tidak ada sumber panas di dalam ruangan. Penelitian ini memvariasikan 4 kasus sebagai pembandingan, sudut aliran udara AC 0°C tanpa radiasi (Kasus A), sudut aliran udara AC 45° tanpa radiasi (Kasus B), sudut aliran udara AC 0°C dengan radiasi (Kasus C), sudut aliran udara AC 45°C dengan radiasi (Kasus D). dan dari hasil simulasi didapatkan persebaran temperatur yang merata pada sudut aliran udara 45°. Serta terdapat peningkatan suhu sebesar 4°C bila menggunakan radiasi matahari.

Pradip Aryal dkk (2015) melakukan penelitian dari kenyamanan termal suatu ruangan. Dimana dari penelitian tersebut membandingkan

kenyamanan termal suatu ruangan dengan memasang partisi ruangan dan tidak memasang partisi ruangan. Dari hasil simulasi menggunakan CFD didapatkan hasil bahwa bila menggunakan partisi terdapat penyebaran temperatur yang tidak merata pada beberapa bagian ruangan serta mengakibatkan kenaikan konsumsi energi sebesar 24% bila dibandingkan tanpa menggunakan partisi.

Penelitian yang terakhir dilakukan oleh Ahmed A, Youssef dkk (2017), melakukan penelitian menggunakan CFD untuk mengevaluasi performa system aliran udara dingin suatu ruangan 2 dimensi dengan input data dari kecepatan udara, temperatur serta pembebanan ruangan. Variasi input temperatur yang digunakan ialah 14°C, 10°C, 6°C menunjukan bahwa aliran udara dapat menyebar secara merata dalam ruangan. Serta mengurangi suplai kecepatan udara tidak memberikan efek yang signifikan dalam sirkulasi udara didalam ruangan. Dan dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa mengurangi temperatur ataupun mengurangi kecepatan udara tidak mempengaruhi kenyamanan dalam ruangan.

Setelah diuraikan beberapa penelitian yang telah dilakukan muncul keinginan untuk melakukan analisis dengan metode CFD pada udara suatu ruangan. Jika dilihat tempat dari penelitian yang telah diuraikan diatas semuanya dilakukan di luar negeri yang mana iklim dan karakteristik udara akan berbeda dengan di Indonesia. Alasan tersebut juga menjadi salah satu yang melatar belakangi penulis melakukan penelitian ini.

## **1.6 Landasan Teori**

### **1.6.1 *Computational Fluid Dynamics (CFD)***

CFD adalah metode perhitungan aliran fluida dengan menggunakan pendekatan numerik. Metode ini dikembangkan Karena dalam perhitungan aliran fluida dibutuhkan perhitungan yang berulang-ulang sesuai dengan berubahnya variabel pada sistem. Karena proses ini membutuhkan proses yang lama maka dikembangkan suatu metode yang dapat mengkalkulasi kebutuhan

untuk permodelan aliran fluida ini. Dengan cara ini, CFD dapat memberikan permodelan baik aliran fluida maupun aliran thermal. Cara kerja dari CFD dibagi menjadi 3 langkah pemrosesan yaitu *pre-processor*, *processor* dan *post processor*.

*Pre-processor* merupakan tahap awal untuk menganalisa permodelan CFD. Dalam tahap ini terdiri dari pembuatan geometri, meshing, dan penentuan domain. Dalam proses proses permodelan ini digunakan Analisa 3D dari ruangan. Tahap *pre-processor* merupakan titik kritis Karena penentuan semua parameter akan mempengaruhi keakuratan hasil simulasi.

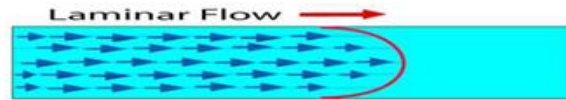
*Processor* merupakan langkah kedua dalam melakukan simulasi numerik dengan CFD. Dalam proses ini permodelan dilakukan beberapa pengaturan dan input data. Dimana tahapan dari *processor* ini adalah *energy equation*, *viscous model*, *operating condition*, *boundary condition*, *methods solution*, dan *initialize*.

*Post-processor* merupakan tampilan hasil serta analisa terhadap hasil yang diperoleh. Hasil perhitungan dari tahap processor akan disajikan dalam bentuk grafis yang meliputi tampilan domain grid, vector, kontur, permukaan 2D atau 3D, manipulasi tampilan (translasi, rotasi, dan lain- lain) dan tampilan warna.

### **1.6.2 Aliran Laminar dan Turbulensi**

Aliran suatu fluida jika dibedakan berdasarkan pada karakteristik internal aliran dapat dibedakan menjadi aliran laminar dan aliran turbulen. Umumnya klasifikasi ini bergantung pada gangguan-gangguan yang dapat dialami suatu aliran yang mempengaruhi gerak partikel-partikel fluida tersebut. Jika aliran fluida yang bergerak dengan kondisi lapisan-lapisan (lamina-lamina) membentuk garis-garis alir yang tidak berpotongan satu sama lain disebut aliran laminar. Hal tersebut ditunjukkan oleh percobaan Osborne Reynold. Pada laju aliran rendah, aliran laminar tegambar

sebagai filamen panjang yang mengalir sepanjang aliran. Aliran ini mempunyai Bilangan Reynolds kurang dari 2300.



Gambar 1. Aliran Laminar

Sedangkan aliran turbulen adalah aliran fluida yang partikel-partikelnya bergerak secara acak dan tidak stabil dengan kecepatan berfluktuasi yang saling interaksi. Akibat dari hal tersebut garis alir antar partikel fluidanya saling berpotongan. Oleh Osborne Reynolds digambarkan sebagai bentuk yang tidak stabil yang bercampur dalam waktu yang cepat yang selanjutnya memecah dan menjadi tak terlihat. Aliran turbulen mempunyai bilangan Reynolds lebih dari 3000.



Gambar 2. Aliran Turbulen

### 1.6.3 Model Turbulensi

Pada menu jenis turbulensi , aliran turbulen dikenali dengan adanya medan kecepatan yang berfluktuasi. Fluktuasi kecepatan mengakibatkan perubahan berbagai besaran seperti: momentum, energi, konsentrasi partikel. Perubahan mengakibatkan berbagai besaran ikut berfluktuasi. Fluktuasi dapat terjadi pada skala kecil dan mempunyai frekuensi yang tinggi, Sehingga terlalu rumit dan berat untuk dihitung secara langsung pada perhitungan teknik praktis.

Model turbulensi Reynolds-Stress atau Large-Eddy Simulation tidak mungkin digunakan pada simulasi ini, Karena

memerlukan daya komputasi yang sangat besar, sedangkan sumber daya komputasi yang tersedia terbatas. Model turbulensi yang mungkin digunakan adalah Spalart-Allmaras,  $k-\varepsilon$ , atau  $k-\omega$ .

Model  $k-\varepsilon$  merupakan model semi empiris yang dikembangkan oleh Launder & Spalding. Model  $k-\varepsilon$  merupakan model turbulensi yang cukup lengkap dengan dua persamaan yang memungkinkan kecepatan turbulen (turbulen velocity) dan skala panjang (length scales). Ditentukan secara independen. Kestabilan, ekonomis (dari sisi komputasi), dan akurasi yang memadai untuk berbagai jenis aliran turbulen membuat model  $k-\varepsilon$  sering digunakan pada simulasi aliran fluida pada perpindahan kalor.

#### **1.6.4 Proses Adiabatik**

Adiabatik berarti tidak ada kalor yang dipindahkan; jadi  $q = 0$ . Proses adiabatik ini dapat terjadi jika pada pembatas sistem diberi sekat penahan aliran kalor. Tetapi jikapun sistem tidak disekat, asalkan laju energi total didalam sistem jauh lebih besar dibandingkan dengan energi yang dimasukkan atau yang dikeluarkan ke lingkungan dalam bentuk kalor, maka proses tersebut dapat dikatakan adiabatik.

#### **1.6.5 Kenyamanan Termal**

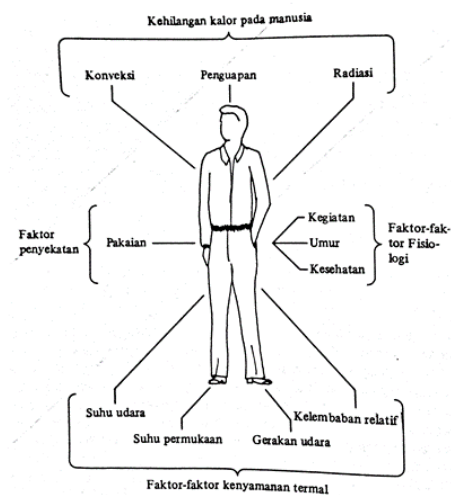
Kenyamanan termal melukiskan faktor-faktor yang mempengaruhi kenyamanan termal. Pertama, kalor dalam tubuh diproduksi oleh metabolisme untuk menjaga suhu tubuh. Proses metabolisme ini dipengaruhi oleh beberapa factor seperti umur, kesehatan, dan tingkat kegiatan.

Empat factor lingkungan yang mempunyai kemampuan tubuh menyalurkan kalor adalah : suhu udara, suhu permukaan-permukaan yang ada disekitar, kelembapan dan kecepatan udara. Jumlah dan jenis pakaian serta tingkat kegiatan penghuni berinteraksi dengan keempat factor ini. Dalam merancang suatu sistem pengkondisian

udara kita pusatkan perhatian pada pengaturan ke empat factor tersebut. Jika seseorang memakai pakaian yang wajar, maka batas-batas keadaan dibawah ini seharusnya dapat diterima.

Suhu kerja. 20 - 26°C

Kecepatan udara rata-rata. Hingga 0,25 m/s



Gambar 3. Faktor yang mempengaruhi kenyamanan termal

## 2. METODE PENELITIAN

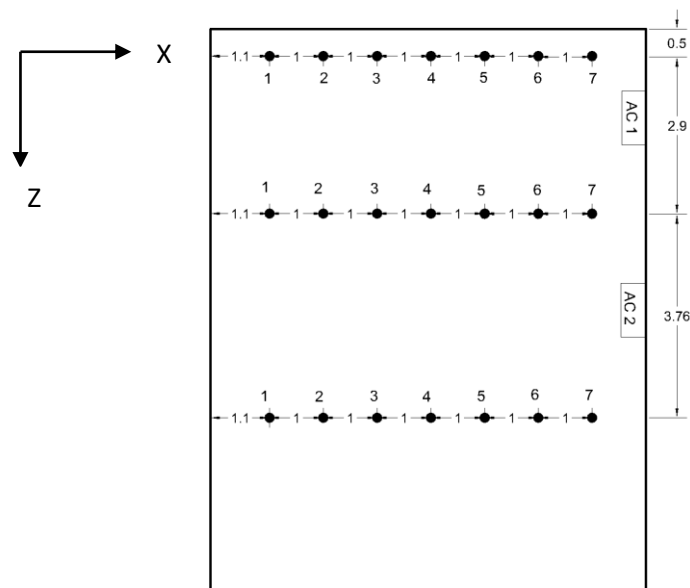
### 2.1 Alat Pengujian

Tabel 1. Alat-alat yang digunakan dalam pengujian

No	Alat Pengujian	Fungsi
1	<i>Termocouple</i>	Alat pengukur temperatur
2	<i>Anemometer</i>	Alat pengukur kecepatan udara
3	Meteran	Mengukur dimensi ruangan
4	Personal Computer	Melakukan simulasi dan perhitungan

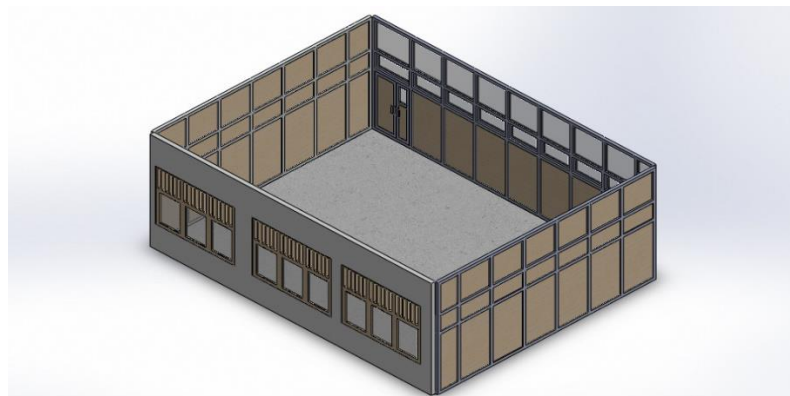
## 2.2 Prosedur Penelitian

- Penelitian ini dimulai dengan pengukuran dimensi ruangan, dimana ruangan tersebut memiliki dimensi 10,45mx8,1mx3,93m.
- Pengukuran suhu dan kecepatan udara yang dihembuskan oleh evaporator unit AC. Hasil yang diperoleh sesuai dengan tabel 1.
- Pengukuran titik-titik suhu ruangan untuk proses validasi.



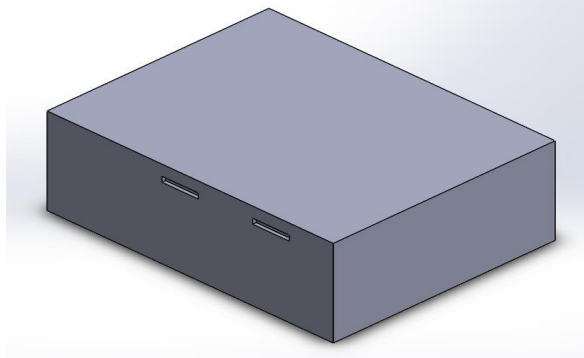
Gambar 4. Lokasi titik pengukuran

- Pembuatan desain dan geometri sesuai dengan dimensi dari pengukuran.



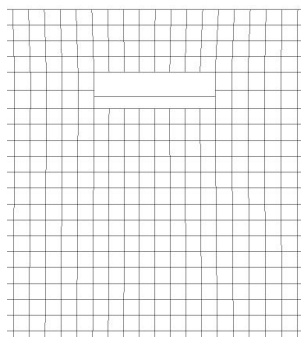
Gambar 5. Desain ruang kelas H404

- e. Mengubah desain menjadi solid untuk proses simulasi kemudian menyimpan dalam bentuk format .iges.

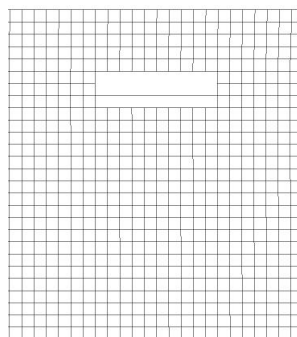


Gambar 6. Model Ruang kelas untuk proses simulasi

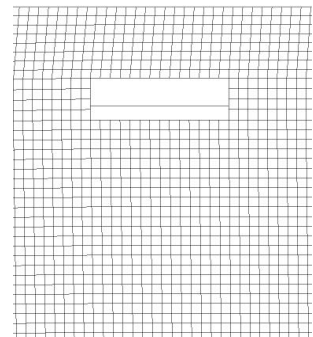
- f. Melakukan meshing dengan menggunakan *software Gambit*. Pada penelitian ini akan menggunakan 3 jenis *mesh* yang kemudian dipilih dengan tingkat keakuratan paling tinggi. Pada ketiga mesh yang membedakan ialah jumlah elemen, sedangkan karakteristiknya mesh ini *structure* dengan bentuk *cell hexahedral*.



a). *Mesh* Tipe 1



b). *Mesh* Tipe 2



c). *Mesh* Tipe 3

Gambar 8. Tipe-tipe *mesh*

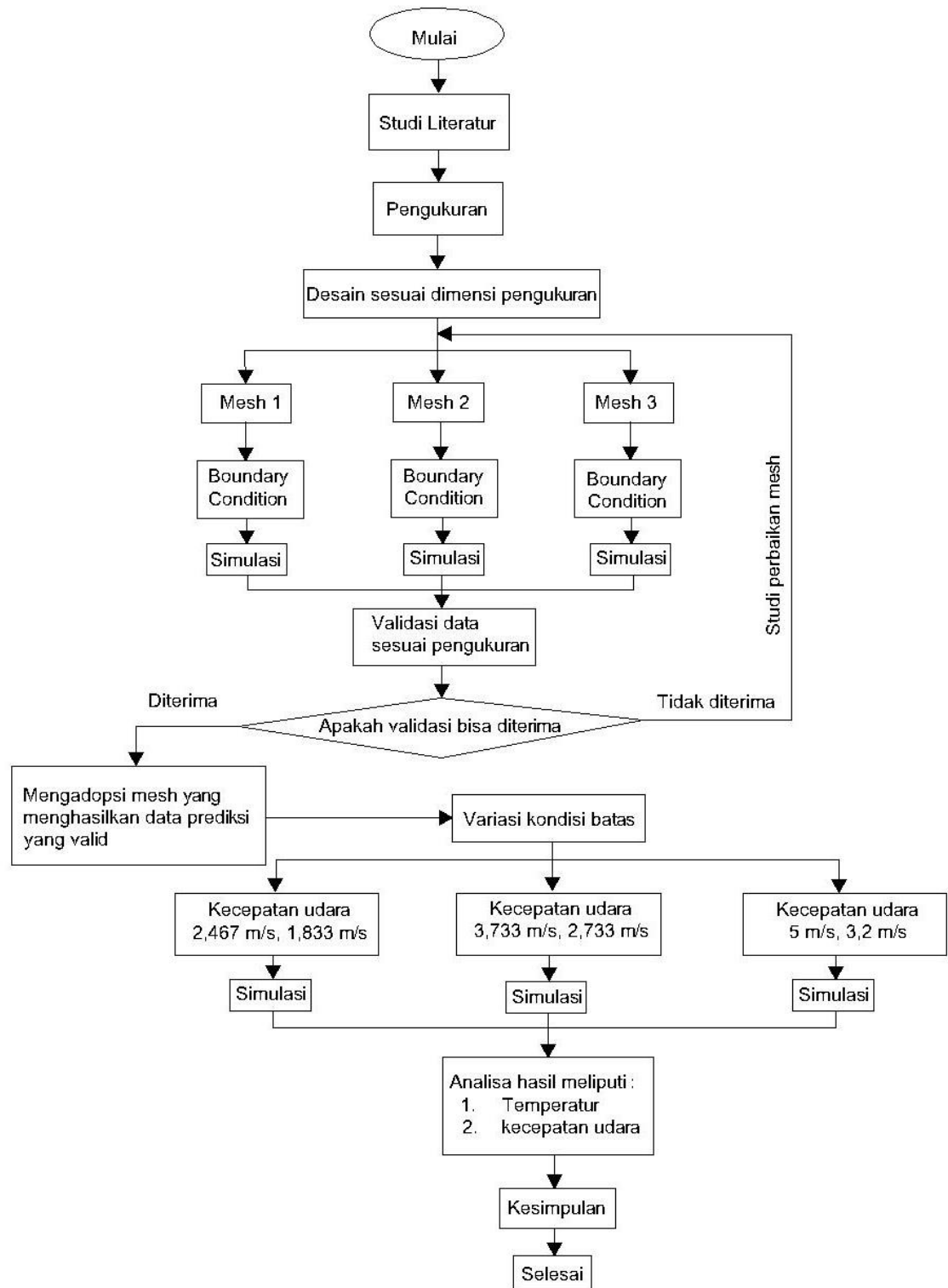
Tabel 2. Jenis *Mesh*

Tipe	<i>Number of nodes</i>	<i>Number of element</i>
<i>Mesh 1</i>	158785	149328
<i>Mesh 2</i>	343347	327440
<i>Mesh 3</i>	1003938	971209



- g. Membaca mesh dan memasukan variabel suhu dan kecepatan udara dengan menggunakan *Ansys Fluent 15.0* sesuai data yang diperoleh dari pengukuran.
- h. Melakukan proses *calculate* dari variabel suhu dan kecepatan udara yang telah dimasukan. Proses calculate akan berhenti sampai muncul perintah *converged*.
- i. Yang terakhir melakukan eksport dari hasil calculate kedalam CFD Post guna menampilkan hasil yang dibutuhkan.

### 2.3 Diagram Alir Peneliti



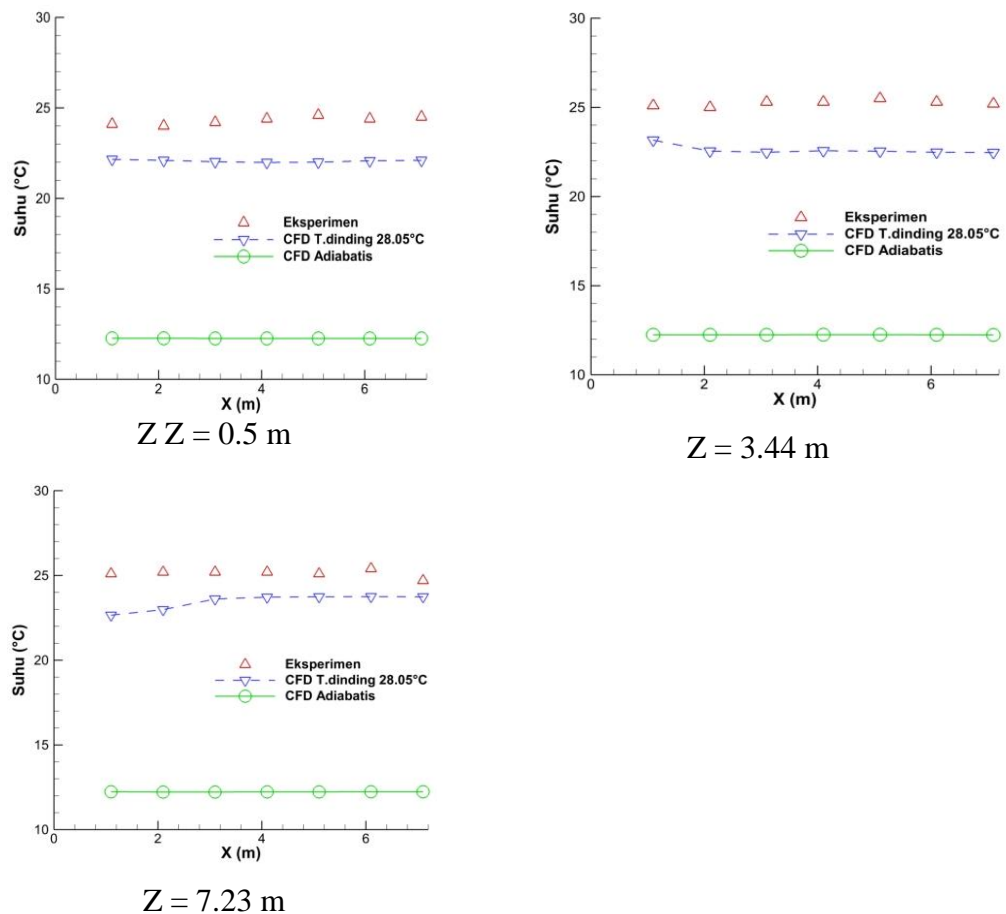
Gambar 7. Diagram Alir Penelitian

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Validasi

Pada tahap ini penulis menggunakan 3 jenis *mesh* yang dibedakan berdasarkan jumlah elemennya. Dimana dari ketiga *mesh* tersebut akan dibandingkan manakah yang memiliki hasil paling mendekati dari hasil pengukuran. Pada tahap validasi dilakukan 2 jenis kondisi batas pada dinding ruangan, yaitu kondisi adiabatik dimana di ruangan tersebut dianggap tidak ada kalor dari luar yang mempengaruhi, serta kondisi dinding memiliki temperatur sesuai dengan hasil pengukuran yaitu 28.05°C.

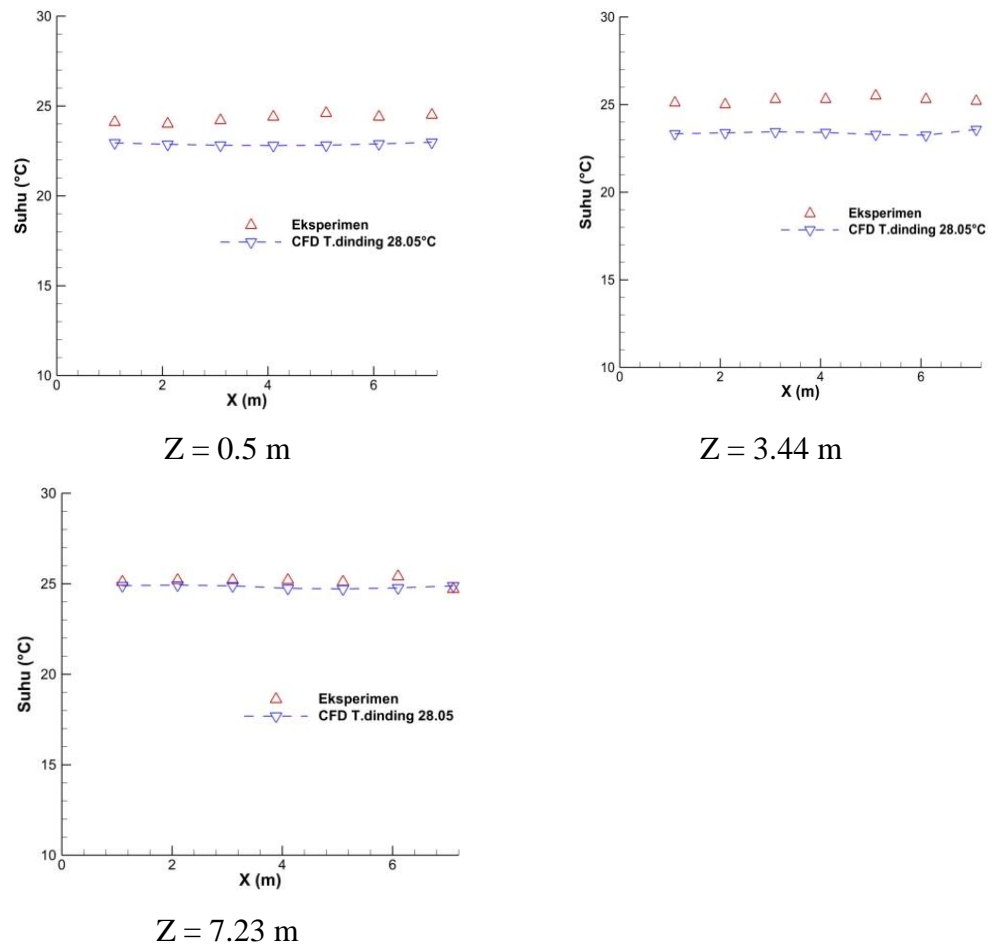
##### *Mesh* tipe 1



Gambar 8. Validasi *mesh* tipe 1

Pada penggunaan mesh tipe 1 dalam simulasi dilakukan dengan menggunakan 2 tipe *boundary condition*, yaitu temperatur dinding bersuhu 28.05°C serta kondisi adiabatik dimana dianggap tidak ada kalor masuk dan keluar. Pada bidang  $Z=0.5$  suhu rata-rata eksperimen adalah 24.31°C dan simulasi dengan temperatur dinding 28.05°C adalah 22.06 K maka diperoleh tingkat kesalahannya sebesar 9.25%. Pada bidang  $Z=3.44$  suhu rata-rata eksperimen adalah 25.24°C dan simulasi dengan temperatur dinding 28.05°C adalah 22.61°C maka diperoleh tingkat kesalahan sebesar 10.42%. Pada bidang  $Z=7.23$  suhu rata-rata eksperimen adalah 25.13°C dan simulasi dengan temperatur dinding 28.05°C adalah 23.46°C. maka diperoleh tingkat kesalahan sebesar 6.65%. jika ketiga bidang dirata-rata maka tingkat kesalahan sebesar 8.77%. Sedangkan simulasi dengan setting adiabatik menunjukkan suhu rata-rata tiap bidang adalah 12.26°C, 12.24°C, dan 12.23°C. dan tingkat kealahannya jika dibandingkan dengan suhu rata-rata tiap bidang adalah 49.57%, 51.5%, dan 51.33%. dan jika dirata-rata dari ketiga bidang yaitu 50.8%. Karena tingkat kesalahan yang ditunjukkan simulasi temperatur dinding 28.05°C jauh mendekati hasil eksperimen jika dibanding setting adiabatik, maka setting dengan temperatur dinding 28.05°C akan digunakan pada tahap-tahap berikutnya sedangkan setting adiabatik tidak dapat diterapkan pada tahap berikutnya.

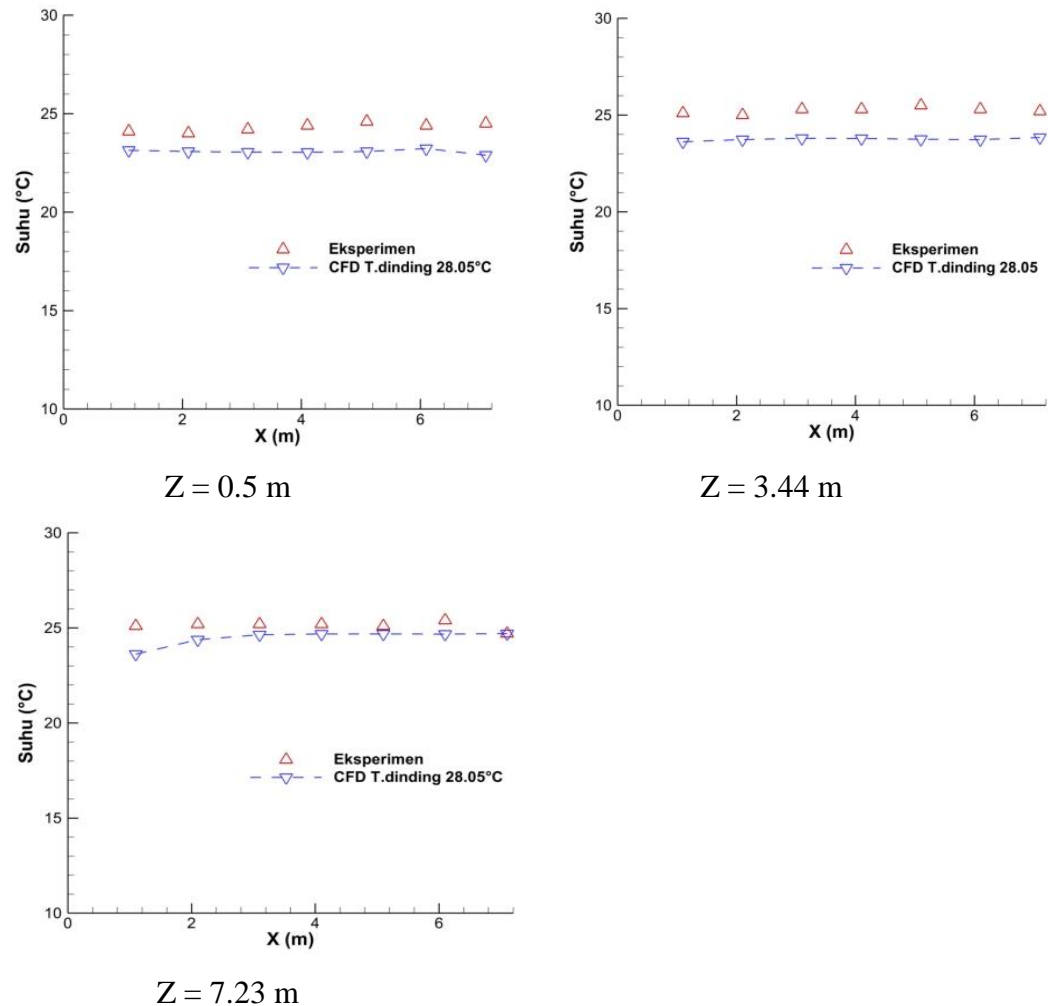
### Mesh tipe 2



Gambar 9. Validasi *mesh* tipe 2

Penggunaan *mesh* tipe 2 dalam simulasi ditunjukkan seperti pada gambar 4.2. dari gambar tersebut didapatkan data hasil eksperimen pada bidang  $Z=0.5$  suhu rata-ratanya ialah  $24.31^{\circ}\text{C}$  dan hasil simulasi menunjukkan suhu rata-rata  $22.87^{\circ}\text{C}$  tingkat kesalahannya 5.92%. Pada bidang  $Z=3.44$  suhu rata-rata eksperimen ialah  $25.24^{\circ}\text{C}$  dan hasil simulasi menunjukkan suhu rata-rata  $23.38^{\circ}\text{C}$  tingkat kesalahannya sebesar 7.37% sedangkan pada bidang  $Z=7.23$  suhu rata-rata eksperimen  $25.13^{\circ}\text{C}$  dan suhu rata-rata pada simulasi adalah  $24.83^{\circ}\text{C}$  tingkat kesalahannya menunjukkan 1.19%. dan jika dilihat dari keseluruhan hasil tingkat kesalahannya sebesar 4.83%.

### Mesh tipe 3



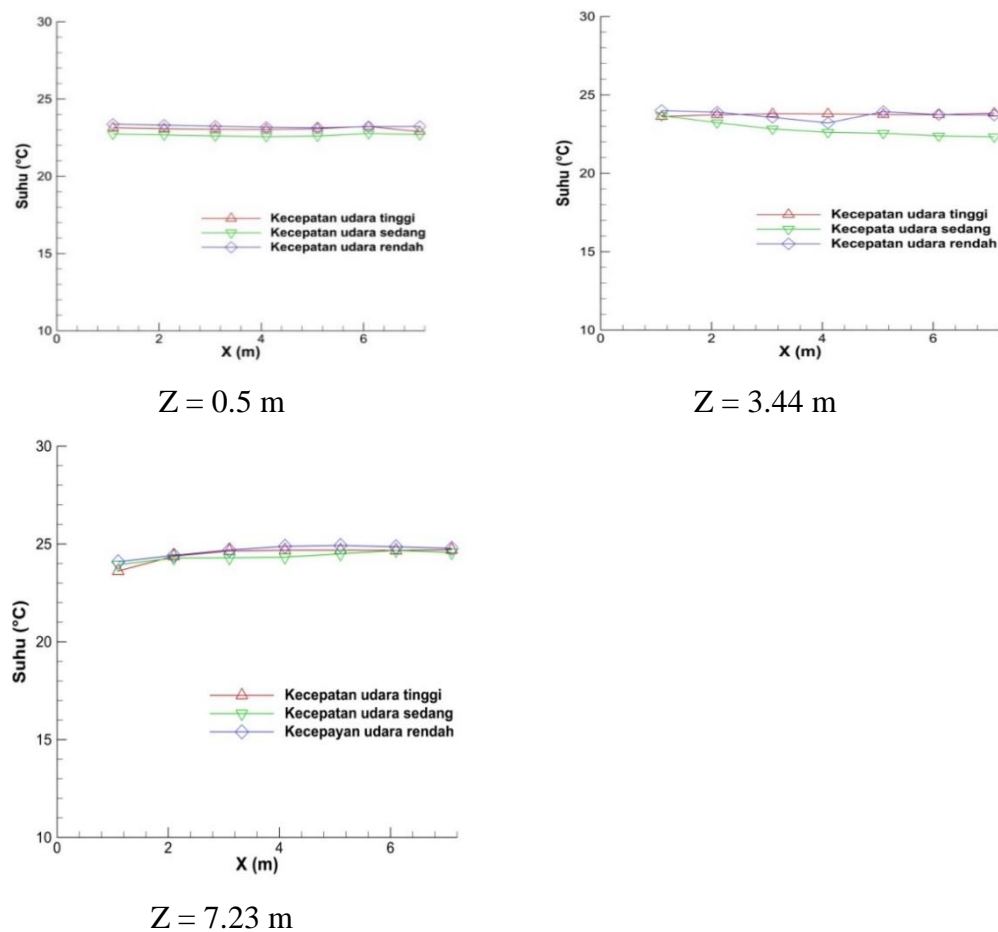
Gambar 10. validasi *mesh* tipe 3

Pada gambar 3.3 menunjukkan hasil perbandingan antara hasil eksperimen dengan hasil simulasi dengan menggunakan *mesh* tipe 3. Didapatkan data berupa hasil eksperimen pada bidang  $Z=0.5$  rata-rata suhu ialah  $24.31^{\circ}\text{C}$  dan hasil simulasi menunjukkan suhu rata-rata  $23.07^{\circ}\text{C}$  tingkat kesalahanya 5.1%. Pada bidang  $Z=3.44$  suhu rata-rata eksperimen ialah  $25.24^{\circ}\text{C}$  dan hasil simulasi menunjukkan suhu rata-rata  $23.75^{\circ}\text{C}$  tingkat kesalahanya sebesar 5.9% sedangkan pada bidang  $Z=7.23$  suhu rata-rata eksperimen  $25.13^{\circ}\text{C}$  dan suhu rata-rata pada simulasi adalah  $24.48^{\circ}\text{C}$  tingkat kesalahanya menunjukkan 2.59%. dan jika dilihat dari keseluruhan tingkat kesalahanya sebesar 4.53%. dari hasil simulasi menggunakan 3 jenis *mesh*

maka tingkat kesalahan yang terkecil ditunjukkan pada mesh halus yaitu 4.53%. Untuk tahap-tahap berikutnya *mesh* tipe 3 digunakan sebagai acuan dimana *mesh* tipe 3 memiliki hasil yang paling mendekati dengan hasil eksperimen.

## 3.2 Variasi Kecepatan udara

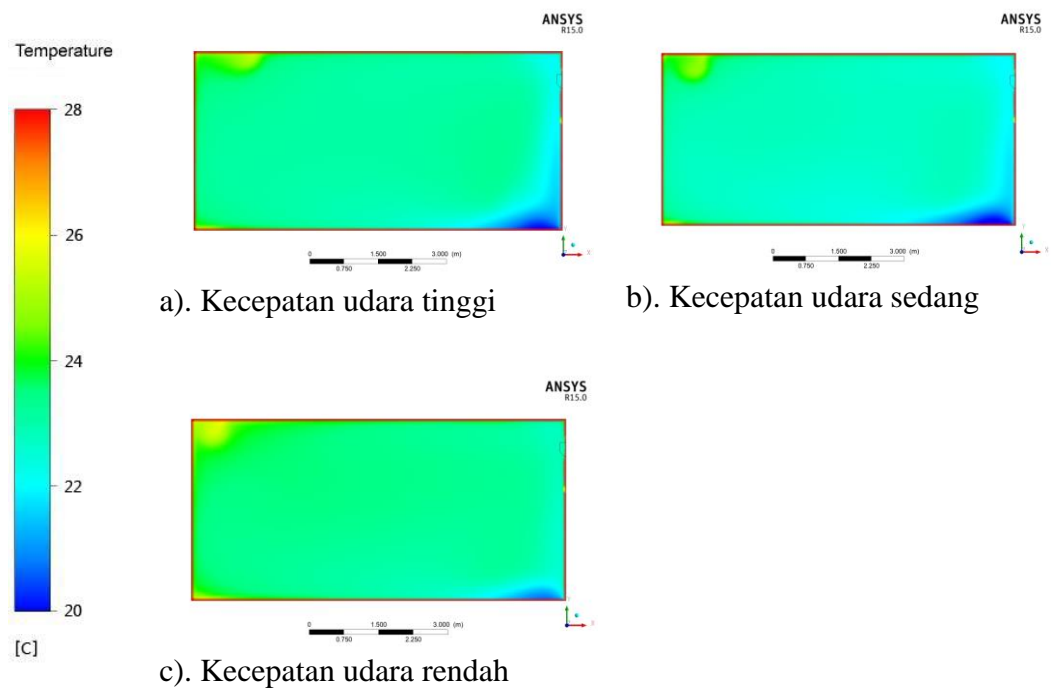
### 3.2.1 Suhu udara



Gambar 11. Perbandingan suhu udara

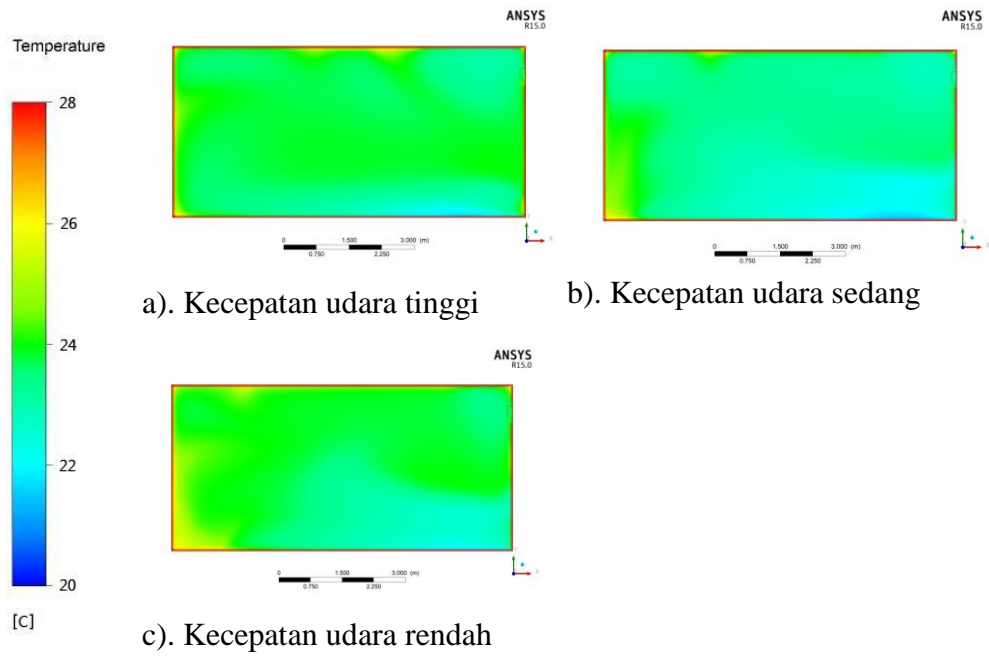
Pada tahap ini akan dilihat pengaruh yang dihasilkan dari perubahan kecepatan udara. Gambar 4.4 menunjukkan pengaruh variasi kecepatan udara dilihat dari perubahan temperatur yang dihasilkan. Pada bidang  $Z=0.5$  suhu rata-rata terendah terdapat pada kecepatan sedang yaitu sebesar  $22.66^{\circ}\text{C}$  diikuti kecepatan tinggi sebesar  $23.07^{\circ}\text{C}$  dan terakhir kecepatan rendah  $23.24^{\circ}\text{C}$ . Pada bidang  $Z=3.44$  suhu rata-rata terendah

terdapat pada kecepatan sedang yaitu sebesar  $22.79^{\circ}\text{C}$  diikuti kecepatan rendah sebesar  $23.29^{\circ}\text{C}$  dan terakhir kecepatan tinggi  $23.75^{\circ}\text{C}$ . Sedangkan pada bidang  $Z=7.23$  suhu rata-rata terendah terdapat pada kecepatan sedang yaitu sebesar  $24.37^{\circ}\text{C}$  diikuti kecepatan tinggi sebesar  $24.48^{\circ}\text{C}$  dan terakhir kecepatan rendah  $24.66^{\circ}\text{C}$ . Dan hasil suhu rata-rata dari ketiga bidang tersebut kecepatan sedang memiliki suhu terendah sebesar  $23.28^{\circ}\text{C}$ . diikuti kecepatan rendah sebesar  $23.73^{\circ}\text{C}$  dan kecepatan tinggi sebesar  $23.77^{\circ}\text{C}$ . Pola persebaran suhu udara pada tiap bidang  $Z = 0.5 \text{ m}$ ,  $Z = 3.44 \text{ m}$ ,  $Z = 7.28 \text{ m}$  akan ditampilkan seperti berikut :

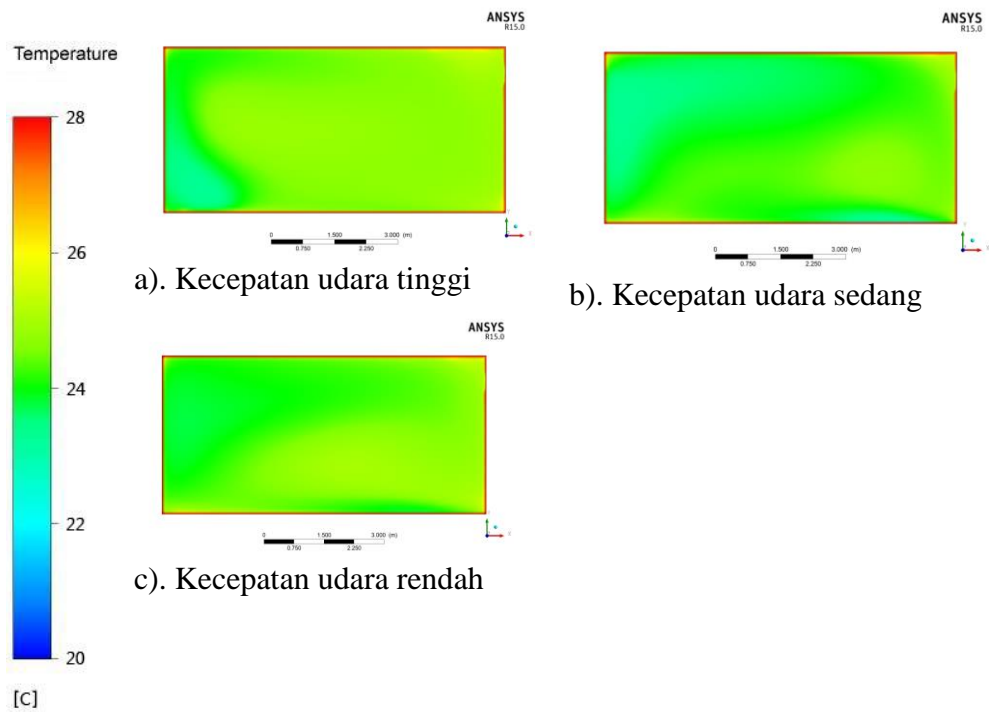


Gambar 12. Pola persebaran suhu udara  $Z = 0.5 \text{ m}$



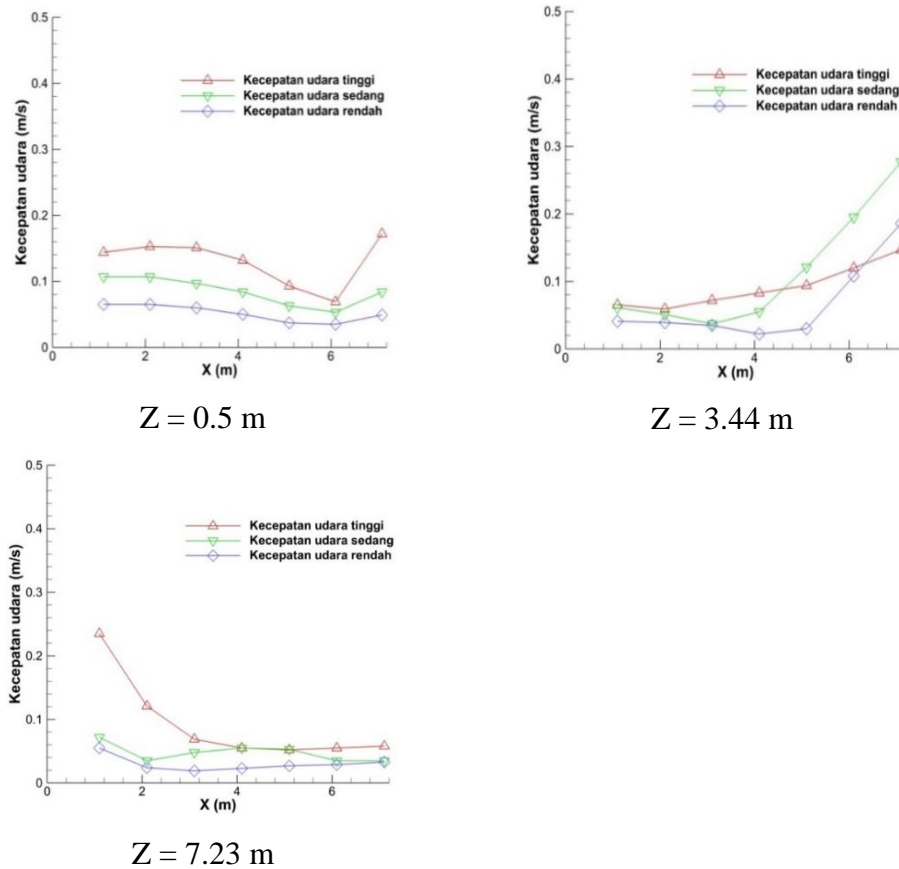


Gambar 13. Pola persebaran suhu udara  $Z = 3.44$  m



Gambar 14. Pola persebaran suhu udara  $Z = 7.28$  m

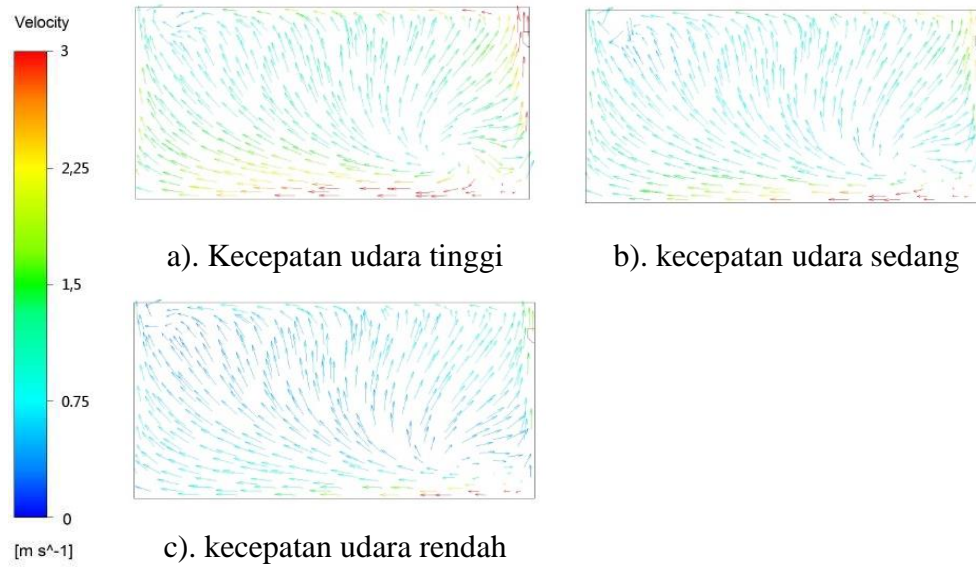
### 3.2.2 Kecepatan udara



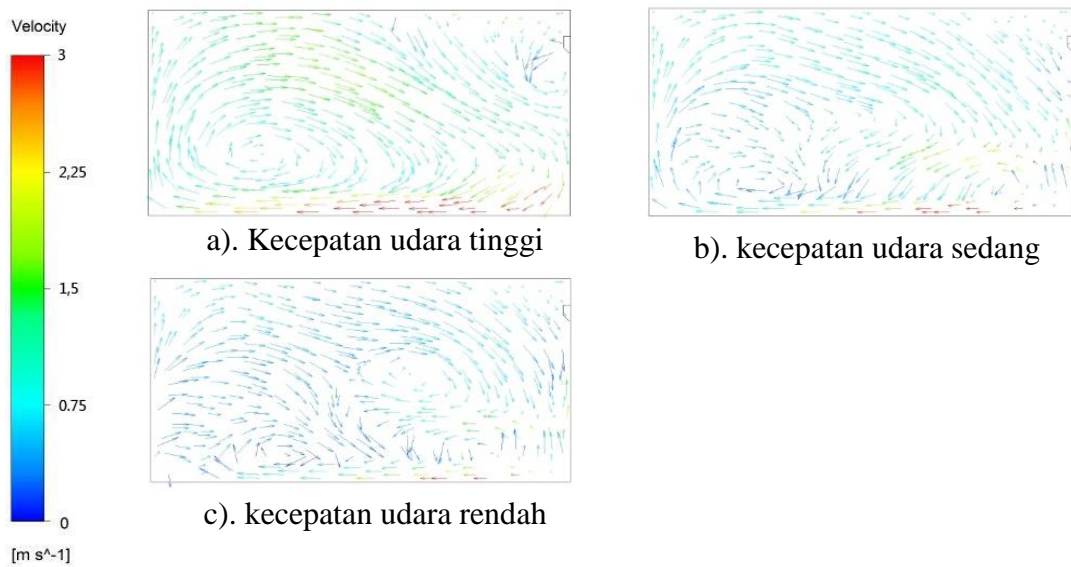
Gambar 15. Perbandingan kecepatan udara

Tahap selanjutnya akan dilihat pengaruh dari perubahan kecepatan udara terhadap persebaran udara itu sendiri didalam ruangan yang telah disajikan pada gambar 4.5. Pada bidang  $Z=0.5$  rata-rata kecepatan udara pada variasi kecepatan tinggi adalah 0.13 m/s, kecepatan sedang 0.085 m/s. dan kecepatan rendah 0.05 m/s. Pada bidang  $Z=3.44$  rata-rata kecepatan udara pada variasi kecepatan tinggi adalah 0.09 m/s, kecepatan sedang 0.11 m/s. dan kecepatan rendah 0.06 m/s. Pada bidang  $Z=7.23$  rata-rata kecepatan udara pada variasi kecepatan tinggi adalah 0.09 m/s, kecepatan sedang 0.05 m/s. dan kecepatan rendah 0.03 m/s. Dan jika dilihat dari rata-rata kecepatan udara keseluruhan bidang pada kecepatan tinggi adalah 0.11 m/s. dan pada kecepatan sedang adalah 0.08 m/s. sedangkan pada kecepatan rendah sebesar 0.05 m/s. Sedangkan arah vektor Kecepatan

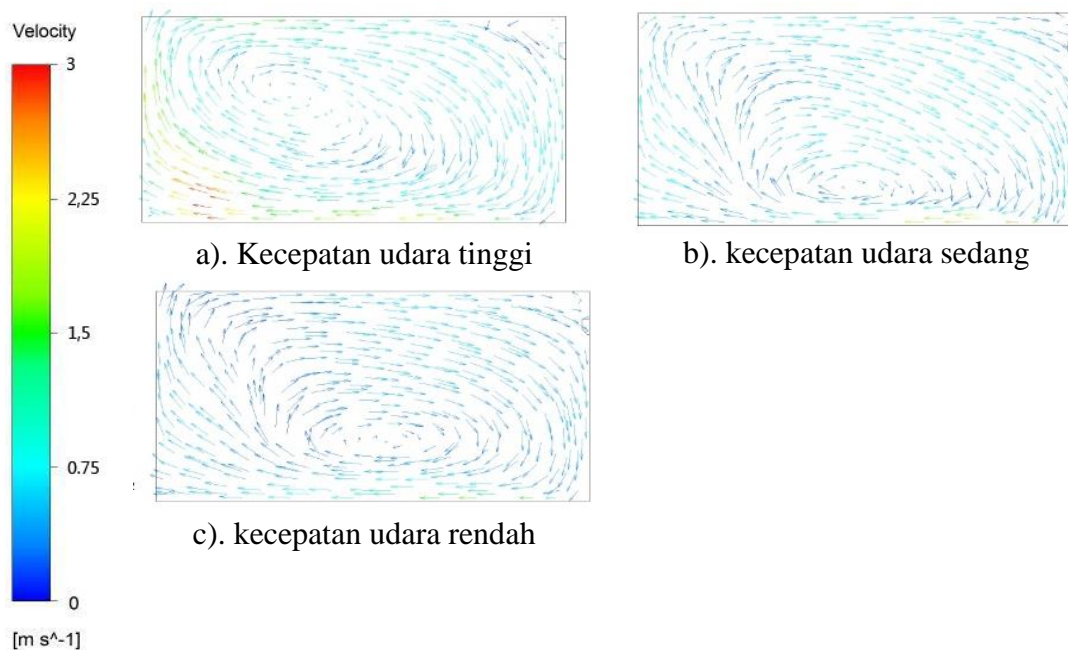
udara pada bidang  $Z = 0.5$  m,  $Z = 3.44$  m,  $Z = 7.28$  m pada tiap variasi kecepatan ditampilkan pada gambar 4.8 berikut :



Gambar 16. Vektor arah aliran udara  $Z = 0.5$  m



Gambar 17. Vektor arah aliran udara  $Z = 3.44$  m



Gambar 18. Vektor arah aliran udara  $Z = 7.28$  m

#### 4. PENUTUP

- Dari hasil validasi dengan menggunakan 3 tipe *mesh* tingkat keakuratan tertinggi diperoleh dengan menggunakan konfigurasi tipe *mesh* 3 dengan tingkat kesalahan sebesar 4.53%. Sedangkan mesh tipe 1 dan *mesh* tipe 2 masing-masing memiliki tingkat kesalahan sebesar 8.77% dan 4.83%.
- Pengaruh dari variasi kecepatan udara tidak terlalu signifikan terhadap suhu ruangan dimana suhu terendah diperoleh pada variasi kecepatan sedang yaitu sebesar 23.28°C. Sedangkan variasi kecepatan rendah bersuhu 23.73°C dan variasi kecepatan tinggi 23.77°C. Jika dilihat dari suhu ketiga variasi kecepatan udara tersebut maka ketiganya sudah memenuhi kenyamanan termal.
- Pengaruh variasi kecepatan udara terhadap kecepatan udara ruangan secara keseluruhan didapatkan hasil pada variasi kecepatan udara tinggi sebesar 0.11 m/s, variasi kecepatan udara sedang 0.08 m/s, dan variasi kecepatan udara rendah sebesar 0.05 m/s. Dari ketiga variasi kecepatan udara tersebut, variasi kecepatan udara tinggi paling mendekati dengan kenyamanan termal suatu ruangan dibandingkan variasi kecepatan udara yang lain.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akdemir, Serap and Bartzanas, Thomas., 2014., Numerical Modelling and Experimental Validation of a Cold Store Ambient Factors., JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCES 21., Namik Kemal University: Tekirdag., pp 606-619
- Aryal, Pradip and Leephakpreeda, Thananchai., 2015., CFD Analysis on Thermal Comfort and Energy Consumpsition Effected by Partitions in Air-Conditioned Building., Energy Procedia 79 183 – 188Thammasat University: Pathuan Thani., pp 183 – 188
- Bonefacic, Igor, dkk., 2015., Numerical Modelling of Thermal Comfort Conditions in an Indoor Space With Solar Radiation Sources., University of Rijeka: Croatia.
- Effendy, Marwan., dkk, 2013., Effect Of Mesh Topologies on Wall Heat Transfer and Pressure Loss Prediction of a Blade Coolant Passage., Trans Tech Publications., Departement of Mechanical Engineering Muhammadiyah Univeristy of Surakarta.
- Effendy, Marwan., 2005., Pengaruh Kecepatan Udara Pendingin Kondensor Terhadap Koefisien Prestasi Air Conditioning., Jurnal Teknik GELAGAR Vol. 16, No. 01, April 2005 : 51-58., Departement of Mechanical Engineering Muhammadiyah Univeristy of Surakarta.
- Faishal, Adnan A., 2016., Karakteristik Perpindahan Panas dan Penurunan Tekanan Pin Fin Cooling Susunan Segaris pada Trailing Edges Sudu Turbin Gas., Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Gao, C. F, dkk., 2009., Locating Room Air-Conditioners at Floor Level for Energy Saving in Residential Buildings., Hong Kong Polytechnic University: Hung Hom.
- Huda, Listiani N dan Pandiangan, Kristoffel C. 2012. Kajian Termal Akibat Paparan Panas dan Perbaikan Lingkungan Kerja. Universitas Sumatera Utara: Medan.
- Imam, E. S. 2012. Kenyamanan Termal Indoor Pada Bangunan Di Daerah Beiklim Lembab. Indonesia Green Technology Journal. E-ISSN.2338-1787
- Jing, Liu and Qing-qing, Pei., 2013., Numerical Simulation and Experiment Study of Indoor Thermal Environment in Summer Air-Conditioned Room., Procedia Engineering 52., Guangzhou University: Guangzhou., pp 230 – 235
- Kang, Zhiqiang., 2015., Numerical Simulation of Coughed Droplets in the Air-Conditioning Room., Procedia Engineering 121., Shenyang Jianzhu University: Shenyang., pp 114-121.

- Khatri, Rahul, dkk., 2016., Identification of Ideal Air Temperature Distribution using different locating for Air Conditioner in a room integrated with EATHE-A CFD based approach., Energy Procedia 109., Manipal University Jaipur: Jaipur., pp 11-17.
- Lippsmeier, Georg. 1980. Bangunan Tropis. Alih Bahasa Ir. Syahmir Nasution. Erlangga, Jakarta
- Prakash, D. 2015. Transient Analysis and Improvement of Indoor thermal comfort for an Air Conditioned Room with Thermal Insulations. Ain Shams University: Tamil Nadu.
- Stoecker, W.F. & Jerold, W.J. (1992). Refrigerasi dan Pengkondisian Udara, alih bahasa Supratman Hara. Edisi Kelima. Erlangga.: Jakarta.
- Youssef, Ahmed A, dkk., 2017., Studying Comfort in a Room with Cold Air System Using Computational Fluid Dynamics., Ain Shams Engineering Journal, Ain Shams University: Cairo.